自我与他人视角的动态信息加工：一项行为振荡研究*

孙楚　耿海燕
（北京大学心理与认知科学学院及行为与心理健康北京市重点实验室，北京 100871）

摘　要 为了实现流畅的社会互动，个体需要同时加工自我与他人视角下的信息，并能有效地区分二者。然而个体对自我与他人视角下的信息存在共享神经表征，那么大脑是如何在同时完成自我与他人视角信息加工的前提下又不至于混淆二者的呢？本文通过创新性的、具有高时间分辨率的内隐视觉观点采择任务，发现对于自我视角和他人视角下的信息加工存在频率约为 1Hz 的行为振荡现象，并且二者存在 180°左右的相位差。这一结果说明在有他人在场的社会情景中，自我视角与他人视角下的信息加工是一种具有周期性的交替优势的过程。

关键词 内隐社会认知，视觉观点采择，自我视角，他人视角，行为振荡

收稿日期：2022.2.17
*国家自然科学基金资助项目（32171053，31671131）
通讯作者：耿海燕，E-mail: hygeng@pku.edu.cn

1 前言

人类作为一种高级的社会性动物，社会互动在其生活中起着非常重要的作用。为了实现更加流畅和有效的社会互动，个体在持有自己的观点和信念的同时，也需要采择他人的观点、理解他人的信念、并认识到他人与自我在观点和信念等方面的不同(Kampis & Southgate, 2020; Ereira et al., 2020)。例如，当你发现对面朋友的左侧嘴角沾有米粒，你会自然地提醒他去清理左侧嘴角（尽管在你的视角看来，米粒是位于右侧的），而完成这一互动的前提是你能够理解朋友无法看到你能看到的米粒，并且你的右侧是对面朋友的左侧。事实上，在一个社会场景中，只要有他人在场，个体无时无刻不在进行着这种采择过程以及自我与他人的比较，而且这种采择与比较往往是自发进行的(Zhao et al., 2015; Surtees et al., 2016; Ward et al., 2019)。我们在加工自我信息的同时，还会自动、内隐地采择他人，这可能是长期外显社会互动形成的内隐倾向，是社会适应的结果，也为随时发生的外显互动奠定了基础或提供了指导(Seyfarth & Cheney, 2013; Bargh & Williams, 2006)。

前人指出，对他人视角、情绪、信念等的采择可能是依靠具身的方式来实现的(Gallese, 2014)，即个体想象在他人的身体中体验他人获得的视觉体验、心理状态等等。研究者们发现，当被试采择他人的视角时，会采取心理身体转移的策略，想象将自己的身体转移到被采择对象的身体位置上(Kessler & Thomson, 2010)，从而获得一种“身临其境”的视觉体验(Ward et al., 2019)；在观察他人疼痛、感受他人情绪的过程中，被试也会产生相似的疼痛反应和情绪体验(Dimberg, 1987)；当观看他人的动作时，自身的运动系统也会表现出一定程度的激活(Naish et al., 2014)。综合来看，具身性加工使个体通过直接模拟他人状态的方式，更迅速而准确地获取他人的观点和信念(Meltzoff & Decety, 2003)。研究者们指出，这种加工机制得以顺利实现的关键，在于大脑中广泛存在的镜像神经元(Rizzolatti & Fogassi, 2014)。

大脑中存在这样一类神经元，不论个体是在观察他人的特定行为，还是个体自身在进行同样的行为，这些神经元都会产生类似的激活模式，这些神经元又被称为镜像神经元(Rizzolatti & Craighero, 2004)。现有的研究已经发现这类镜像神经元分布于大脑中的多个区域，包括前运动皮层(premotor cortex)、海马(hippocampus)、脑岛(insula)和扣带回(cingulate gyrus)等(Rizzolatti & Fogassi, 2014; Rizzolatti et al., 1996; Mukamel et al., 2010; Molenberghs et al., 2012)。正是因为镜像神经元的存在，个体得以在推断他人心理状态的过程中使用自我加工相应活动时的神经机制，产生具身性的体验。换句话说，对他人心理状态的加工与自

我相应的心理状态的加工具有共享的神经表征(Decety & Sommerville, 2003; Jackson et al., 2006)，这种共享的神经表征存在于认知加工的各个层面，例如有研究发现腹侧前运动区(ventral premotor)同时负责编码个体自身的周围空间和他人的周围空间(Brozzoli et al., 2013)；在观看他人的厌恶表情和自身体验到厌恶情绪时在脑岛表现出同样的激活模式(Wicker et al., 2003)；加工自我观点与采择他人观点也表现出腹内侧前额叶(ventromedial prefrontal cortex)、后扣带回(posterior cingutate cortex)、颞顶联合区(temporoparietal junction, TPJ)等脑区激活的高度重叠(Lombardo et al., 2010)。而在某些情境下，这种共享表征甚至会带来有趣的自我-他人混淆现象，例如橡胶手错觉(rubber hand illusion)(Botvinick & Cohen, 1998)。那么，为了在社会互动的过程中有效地区分镜像神经元的激活到底反映的是自我相关的信息还是他人相关的信息，从而避免共享机制可能带来的混淆，大脑还需要具备一套区分自我与他人的加工机制。

对于这一加工机制，研究者们进行了许多探索。大量研究证据表明，前额叶(prefrontal cortex)的功能和区分自我与他人有密切的关系(Decety & Sommerville, 2003)。一方面，前额叶的执行控制功能可能在自我与他人的区分过程中起重要作用(Seymour et al., 2018)；另一方面，背内侧前额叶(dorsomedial prefrontal cortex)的部分细胞会特异性地编码社会互动中的自我或他人(Báez-Mendoza et al., 2021)，而腹内侧前额叶可能与塑造自我与他人的区分有关(Ereira et al., 2020)。TPJ 也在许多研究中被认为是自我-他人区分的关键脑区，其可能具有区分不同表征的功能，从而抑制不相关表征的影响，或是在两类表征一致时发出冲突信号(Quesque & Brass, 2019)。除了前额叶和颞顶联合区，楔前叶(precuneus)、下顶叶(inferior parietal lobe)、后扣带回等区域也可能参与自我与他人的区分(Bukowski, 2018; David et al., 2006; Vogeley et al., 2004)。综合来看，目前关于自我与他人区分的神经基础研究已经有了不少的发现，这些研究都在一定程度上回答了当自我信息与他人信息共享神经表征时，大脑如何分辨当前的神经表征是自我信息的表征还是他人信息的表征。然而，在内隐社会认知的加工过程中，大脑需要同时加工自我信息与他人信息，这些研究并不能回答，当大脑需要同时加工自我信息与他人信息时，如何避免二者共享神经资源所带来的冲突。

一种可能的假设是大脑通过节律性的加工方式，在能够同时完成自我与他人信息加工的前提下又不至于混淆二者。越来越多的研究发现大脑具有的节律性神经活动具有很重要的功能意义，可以帮助个体处理复杂的、动态的外部世界信息(Klimesch, 1999; Ward, 2003; Buzsáki, 2006)，这种节律性的活动又被称为神经振荡。基于此，研究者们也发现个体存在一些行为上的节律现象。例如，当被试需要同时注意两个视野中可能出现的目标刺激时，

会表现出注意在两个视野区域间的快速切换，这一切换的频率大概在 4Hz 左右(Landau & Fries, 2012)，这种节律性的行为现象又被称为行为振荡。随着实验证据的积累，研究者们发现行为振荡现象在多种认知过程中都存在，如视知觉(Erlikhman & Caplovitz, 2017)、客体注意(Fiebelkorn et al., 2013)、特征注意(Mo et al., 2019)和知觉启动(Huang et al., 2015; Wang & Luo, 2017)等等。这种振荡现象的广泛存在说明大脑倾向于在同一时间集中资源处理单个信息，并通过不同信息间周期性的切换来实现多信息的并行处理。回到我们的问题上来，如果大脑想要同时加工自我与他人信息，是否也会使用周期性切换的加工方式呢？

我们以视觉观点采择为例来探究这一问题。视觉观点采择是指想象和推断他人视觉体验的过程，这是一种发展较早的、比较基础的观点采择能力(Michelon & Zacks, 2006; Farrant et al., 2006)。在社会交互的过程中，个体首先会对当前的场景产生视觉表征（自我视角下的信息），与此同时，个体还会自发地想象他人对当前场景的视觉体验（他人视角下的信息）。如果个体采取的是一种节律性的加工方式，即个体在加工他人视角与加工自我视角之间进行快速切换，就有可能实现两类信息的同时加工而又避免产生混淆。然而，对于视觉观点采择的传统行为范式是无法探测到这种快速切换过程的。因此，本研究希望利用探究行为振荡的实验范式来设计一种实验方法考察内隐视觉观点采择中自我视角和他人视角获得信息的处理方式。

本研究共包含三个实验。由于我们使用面孔刺激设计了一种全新的内隐视觉观点采择的实验范式，因此我们首先通过实验一验证这一实验范式的有效性，即考察面孔的加工是否会受到自发性视觉观点采择的影响。在得到肯定结果的基础上，我们在实验二中通过设置从被采择对象出现到面孔出现的多种间隔时间条件，探测在面孔加工的过程中存在自我视角和他人视角交替切换的行为振荡现象。在实验三中，我们通过延长间隔时间的时程范围来进一步验证这一振荡现象的真实性和可重复性。

2 实验一

如果个体的确在加工自我视角与加工他人视角之间进行节律性的切换，那么我们需要设计一种实验任务，其不仅能够敏感地探测被试加工某一视角下视觉信息的效率，并且可以具有较高的时间分辨率来追踪被试信息加工效率的动态变化过程。基于此，我们设计了一种高时间分辨率的面孔识别任务。一方面，个体识别面孔的能力受到面孔方向的影响，个体在识别正立面孔时表现更好(Farah et al., 1995)；另一方面，有研究指出被试在进行视

觉观点采择时获得的可能是一种身临其境的视觉体验，这种视觉体验可以促进对于那些在他人视角下更容易加工的视觉刺激的反应(Ward et al., 2019)。因此我们可以推测当一张面孔在他人视角下是正立时，采择他人视角可以帮助我们更准确地识别面孔。而通过检测被试对面孔的识别效率随时间的变化便可以探究被试在他人视角下的动态信息加工过程。

然而，在有他人在场的社会场景中，是否会自发采择他人视角，从而促进对他人视角下正立面孔的加工还没有得到实验证实，因此在实验一中，我们首先对这一问题进行探究。

2.1 方法

2.1.1 被试

设定效应量为中等效应量 0.25，效力为 0.9，通过 GPower 计算，需要的被试数量为 24。最终我们招募了 23 名大学生参与实验一，平均年龄为 23.26 岁（*SD*=3.10），其中 5 名为男性。所有被试的视力或矫正视力正常，没有已知的神经或视觉障碍。被试在实验前签署了知情同意书，在完成实验后获得一定的报酬。实验程序由北京大学伦理及人体和动物保护委员会批准。

2.1.2 仪器和材料

实验程序通过 matlab 2016b 运行，刺激呈现在分辨率为 1920×1080、刷新率为 60Hz 的 27 寸 LCD 显示器上，显示器背景灰度值为 120。通过头托控制视距为 50cm。

6 张面孔图片为志愿者在中性表情下的黑白照片，照片通过 Adobe Photoshop 5.0 处理，将尺寸统一调整为 256×256 像素（实验中为 9.1°×9.1°视角），匹配亮度（3.7cd/mm2）与对比度（均方根对比度=0.51）。面孔仅保留下巴到额头间的部分，并使每张面孔的眼瞳距离相等，鼻子的位置调整到图片的正中央。

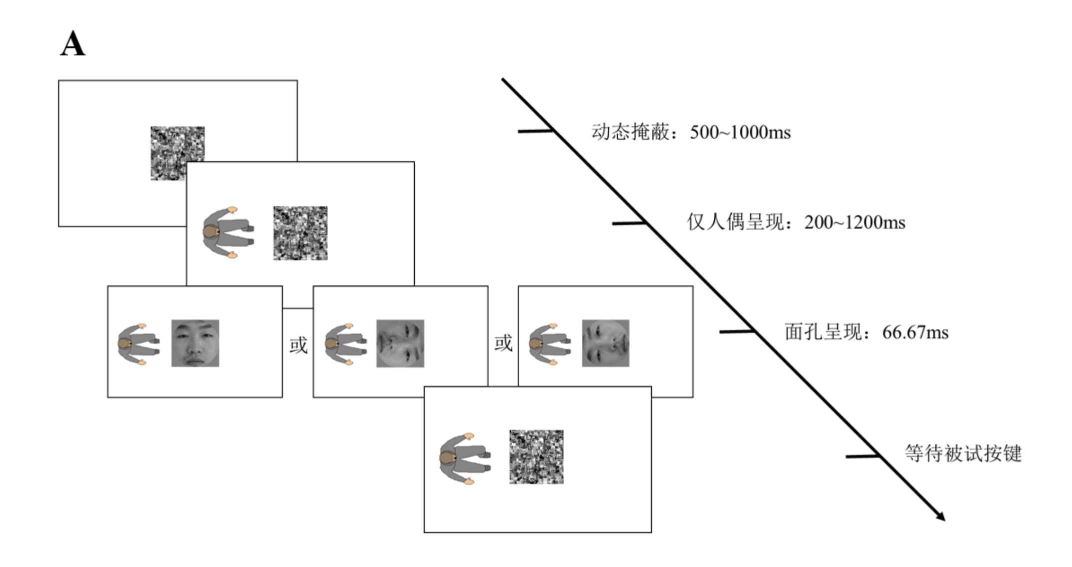
在面孔图片呈现的前后呈现动态的掩蔽刺激，掩蔽刺激由 OpenGL 2.0 制作而成，与面孔图片的大小一致。动态掩蔽刺激由多帧静态的掩蔽刺激组成，第一帧由若干大小、位置和灰度都随机的矩形块叠拼而成，随后的每帧在前一帧的基础上再叠加一些不同大小、位置和灰度的矩形块，覆盖原图片 10%的区域。这些掩蔽图片的呈现频率是 60hz。

俯视视角下的坐姿人偶图片用以引入他人视角，图片大小为 13.6°×13.6°。

2.1.3 程序与设计

在每个试次中，首先在屏幕中央呈现动态的掩蔽刺激，随后在 0.5~1s 内的随机时间点在掩蔽刺激的左侧或右侧呈现人偶图片（人偶图片的位置在试次间平衡），人偶可能是面向中央掩蔽刺激的，也可能是背对中央掩蔽刺激的，在人偶图片呈现后的 0.2~1.2s 内的随机

时间点掩蔽刺激消失，在掩蔽刺激的位置呈现一张面孔图片，面孔图片的朝向可能是朝向自我的（即被试视角下的正立面孔）、朝向人偶的（若人偶出现在左侧，则顺时针旋转 90°的面孔为朝向人偶的面孔，右侧时同理）或朝向人偶的对侧（若人偶出现在左侧，则逆时针旋转 90°的面孔为朝向人偶对侧的面孔，右侧时同理）。面孔图片持续 66.67ms 之后消失，紧接着呈现动态的掩蔽刺激以消除视觉后效的影响。被试的任务是判断面孔的朝向并根据三种不同的朝向分别按键反应（当面孔朝向自我时按空格键，面孔朝向人偶时按 1 键，朝向人偶对侧时按 2 键），在没有看清时凭直觉做出判断。被试每次反应完后会有正确或错误的反馈。实验分为练习实验和正式实验两个阶段。在练习实验阶段一共有 48 个试次。正式实验阶段共 432 个试次，分为四个区组，其中两个区组中人偶为面向中央刺激，另外两个区组中人偶为背对中央刺激，四个区组以“ABBA”的顺序进行，首先进行的区组类型在被试间平衡，区组间进行适当的休息。每个区组包含 108 个试次，其中朝向自我、朝向人偶和朝向人偶对侧的面孔条件下各 36 个。实验中用到的每张面孔在每个最小条件中出现的概率相等。图 1A 是以人偶面对面孔的区组为例，展示单个试次的流程示意图，图 1B 为不同人偶呈现条件的示意图。实验一为 2（人偶朝向：面对 vs.背对）×3（面孔朝向：朝向自我 vs.朝向人偶 vs.朝向人偶对侧 ）的组内设计。



B

	人偶在左侧	人偶在右侧
人偶面对		
人偶背对		

图 1 实验一的流程图。（A）以人偶面对面孔&人偶呈现在左侧为例展示单个试次的流程图；（B）不同人偶呈现条件的示意图。

2.2 结果

统计被试在不同人偶朝向和面孔朝向条件下的正确率。对正确率的统计检验在 SPSS 20 中完成。

进行 2（人偶朝向）×3（面孔朝向）的重复测量方差分析，结果发现人偶朝向的主效应不显著，$F(1, 22) = 3.84$，$p = 0.063$，$\eta_{p}2 = 0.15$，面孔朝向的主效应显著，$F(2, 21) = 49.50$，$p < 0.001$，$\eta_{p}2 = 0.83$。事后检验使用 Bonferroni 校正，结果显示识别朝向自我面孔的准确率（$M = 0.98$, $SE = 0.0060$）显著大于朝向人偶的（$M = 0.80$, $SE = 0.019$），$SE = 0.018$，$p < 0.001$，差异的 95% $CI = [0.13, 0.22]$，也显著大于朝向人偶对侧的（$M = 0.761$, $SE = 0.022$），$SE = 0.022$，$p < 0.001$，差异的 95% $CI = [0.16, 0.27]$。朝向人偶面孔的准确率显著大于朝向人偶对侧的，$SE = 0.013$，$p = 0.012$，差异的 95% $CI = [0.0080, 0.077]$。人偶朝向与面孔朝向的交互效应显著，$F(2, 21) = 8.30$，$p = 0.002$，$\eta_{p}2 = 0.44$，分析简单主效应发现，在人偶面对面孔的条件下，朝向人偶面孔的识别正确率（$M = 0.83$, $SE = 0.021$）显著

大于朝向人偶对侧面孔的识别正确率（$M = 0.76, SE = 0.021$），$SE = 0.016$，$p < 0.001$，差异的 95% CI = [0.036, 0.12]；而在人偶背对面孔的条件下，朝向人偶面孔的识别正确率（$M = 0.77, SE = 0.022$）与朝向人偶对侧面孔的识别正确率（$M = 0.77, SE = 0.025$）没有显著差异，$SE = 0.015$，$p = 1$，差异的 95% CI = [-0.032, 0.046]。从另一角度来说，同样是朝向人偶的面孔，人偶面对面孔时的识别正确率要显著大于人偶背对面孔时的识别正确率，$SE = 0.019$，$p = 0.004$，差异的 95% CI = [0.022, 0.10]；而对于朝向自我的面孔在人偶朝向面孔条件下的正确率（$M = 0.98, SE = 0.0040$）和人偶背对面孔条件下的正确率（$M = 0.97, SE = 0.0090$）之间没有显著差异，$SE = 0.0070$，$p = 0.429$，差异的 95% CI = [-0.0090, 0.019]；对于朝向人偶对侧面孔在两种人偶朝向条件下的正确率也没有显著差异，$SE = 0.016$，$p = 0.570$，差异的 95% CI = [-0.024, 0.042]。重复测量方差分析的结果如图 2 所示。

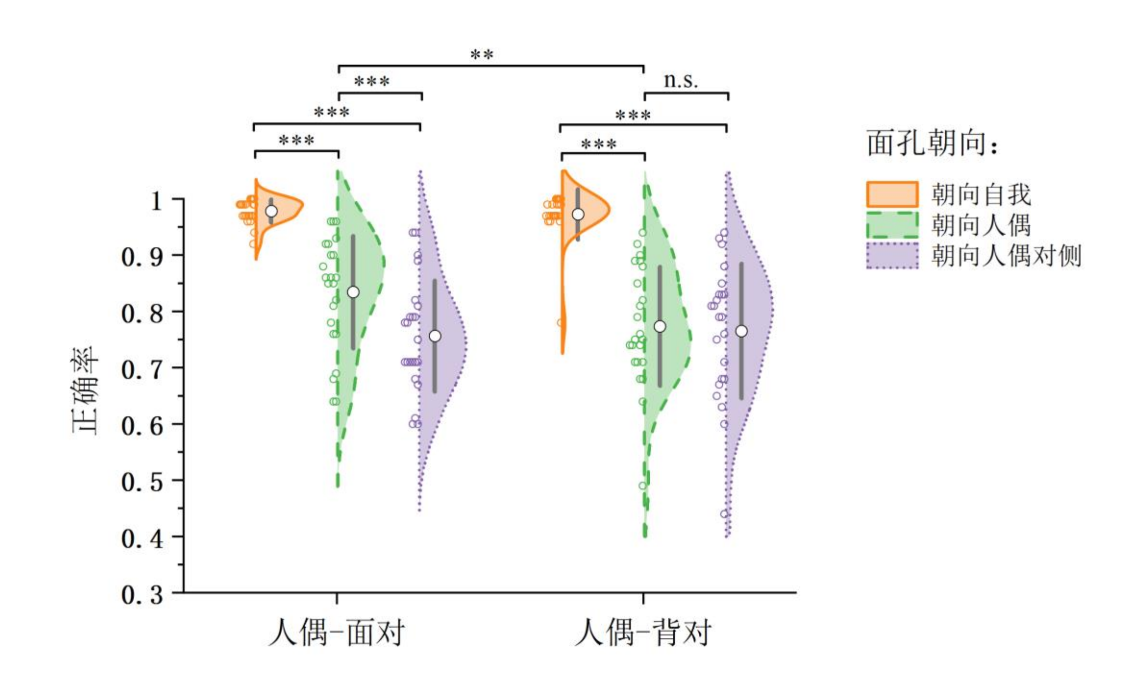


图 2 实验一中不同人偶朝向与面孔朝向条件下的识别正确率。

图中黑色空心圆点表示均值，误差线表示一个标准差，**表示 $p < 0.01$，***表示 $p < 0.001$，n.s.表示不显著。

2.3 讨论

通过实验一，我们首先验证了前人的研究结果，即个体识别正立面孔的能力最强，这可能得益于专家效应(Gauthier & Tarr, 1997)，或是正立面孔所特有的整体加工机制(Tanaka & Farah, 1993)。更为重要的是，我们发现在人偶面对面孔时，朝向人偶的面孔其识别成绩要优于朝向人偶对侧的面孔，这说明场景中人偶的存在影响了被试对朝左和朝右面孔的加工，而当人偶背对面孔时，这种影响消失了，朝向人偶面孔的识别成绩降低到了与朝向人

偶对侧面孔同样的水平。这一结果说明被试对人偶的视觉观点采择影响了对面孔的识别。被试会自发地采择人偶的视角，从而具身性地获得人偶视角下的视觉体验，当人偶面对面孔时，这种具身性的视觉体验就会影响被试对面孔的识别：因为面孔加工所具有的正立优势效应，如果在人偶的视角下面孔是正立的，那么通过采择获得的这一正立面孔的视觉体验就可以促进被试对面孔的识别，而如果在人偶的视角下面孔是倒立的，那么采择而来的倒立面孔的视觉体验则不会促进对面孔的识别。这一结果与 Surtees 等人(2016)使用具有方向特异性的数字作为视觉刺激得到的结果和 Ward 等人(2019)使用具有方向特异性的字母作为视觉刺激得到的结果是一致的。

通过实验一，我们证明了这一面孔识别范式可以灵敏地探测到自发性的视觉观点采择所带来的实验效应，接下来我们将在这一范式的基础上系统变化面孔呈现的时间，通过操纵时间变量来探究这种视觉观点采择所引发的面孔识别效应的动态变化过程。

3 实验二

通过实验一，我们验证了自发性的视觉观点采择可以促进他人视角下正向面孔的加工。根据前言中的假设，如果对他人视角的采择和对自我视角下的信息加工是一种交替性的动态过程，那么当被试在某一时刻将认知资源向他人视角下的信息加工倾斜，我们应该可以观察到他人视角下正立面孔识别的提升，伴随而来的可能是自我视角下正立面孔识别的减弱；而当被试在某一时刻将认知资源向自我视角下的信息加工倾斜时，则会出现相反的结果。因此，通过观察被试在这两种面孔朝向条件下的识别成绩随时间的变化，我们可以对视觉观点采择中的行为振荡现象进行探究。

在实验二中，我们沿用经典行为振荡范式的设计思路，通过特定线索的呈现来启动被试行为振荡中的某一个特定状态，使得被试在每个试次中都以此状态为起点对齐，进而探究其后续的不同状态间的行为振荡过程，从而能够通过在不同的试次中设置不同的探测时间点来得到完整的行为振荡曲线。例如在 Landau 和 Fries(2012)的研究中，在每个试次中，研究者都通过一个在视野一侧出现的外源性注意线索将被试的注意焦点调整到视野一侧，在此基础上探究后续可能发生的注意在两侧视野间的行为振荡过程，从而以线索出现的时间为起始点实现了被试在所有试次中注意振荡的起始同步。在本研究的实验二中，我们是用场景中人偶图片的呈现来启动被试对他人视角下的信息加工，以人偶图片呈现的时间点作为记录振荡状态的起始点来保证被试在所有试次中具有统一的初始状态，从而实现振荡

状态的起始同步，并在此基础上通过在不同的试次中设置不同的探测时间点来得到完整的自我与他人视角下信息加工的行为振荡曲线。

3.1 方法

3.1.1 被试

30 名大学生参与了实验二，平均年龄为 21.47 岁（*SD* = 2.40），其中 9 名为男性。所有被试的视力或矫正视力正常，没有已知的神经或视觉障碍。被试在实验前签署了知情同意书，在完成实验后获得一定的报酬。实验程序由北京大学伦理及人体和动物保护委员会批准。

3.1.2 仪器和材料

实验程序通过 matlab 2016b 运行，刺激呈现在分辨率为 1600×1200、刷新率为 60Hz 的 19 寸 CRT 显示器上，显示器背景灰度值为 120。通过头托控制视距为 50cm。

实验所用的掩蔽刺激以及俯视视角下的坐姿人偶图片均与实验一相同。对于面孔图片，因为我们在实验一中发现被试对自我视角下正立面孔的识别要远好于其他朝向的面孔，所以在实验二中我们为所有自我视角下的正立面孔添加均值为 0、方差为 0.05 的高斯白噪音以增加其识别难度，使得不至于有过多的被试因对正立面孔的识别产生了天花板效应而损失数据中的信息。

3.1.3 程序与设计

在每个试次中，首先在屏幕中央呈现动态的掩蔽刺激，随后在 0.5~1s 内的随机时间点在掩蔽刺激的左侧或右侧呈现面向中央的人偶图片（人偶图片的位置在被试间平衡），在人偶图片呈现后的 0.2~1.2s（人偶-面孔 SOA）内的某一时间点掩蔽刺激消失，并在掩蔽刺激的位置呈现一张面孔图片，面孔图片的朝向可能是朝向自我的或朝向人偶的。具体来说，在 0.2~1.2 秒的区间内共设置 30 种等距的 SOA 条件，每两个相邻 SOA 条件之间相差 33.33ms。面孔图片持续 66.67ms 之后消失，紧接着呈现动态的掩蔽刺激以消除视觉后效的影响。被试的任务是判断面孔的朝向并根据两种不同的朝向分别按键反应（当面孔朝向自我时按 1 键，当面孔朝向人偶时按 2 键）。在练习阶段一共有 30 个试次，被试每次反应完后会有正确或错误的反馈。实验阶段共 720 个试次，分为 6 个区组，区组间安排适当的休息。每个区组包含 120 个试次，其中朝向自我的、朝向人偶的试次各 60 个，具体到每种 SOA 条件下各有 2 个试次。实验中用到的每张面孔在每个最小条件下出现的概率相等。实验阶段的试次不再提供反馈，要求被试在没有看清时凭直觉做出判断。图 3 展示的是实验二单个试次的流程示意图，实验共包含两个组内自变量，一个自变量是面孔朝向，分为朝

向自我和朝向人偶两个条件；另一个自变量是从人偶呈现到面孔呈现的时间间隔（人偶-面孔 SOA），共包含 30 种等距的条件。

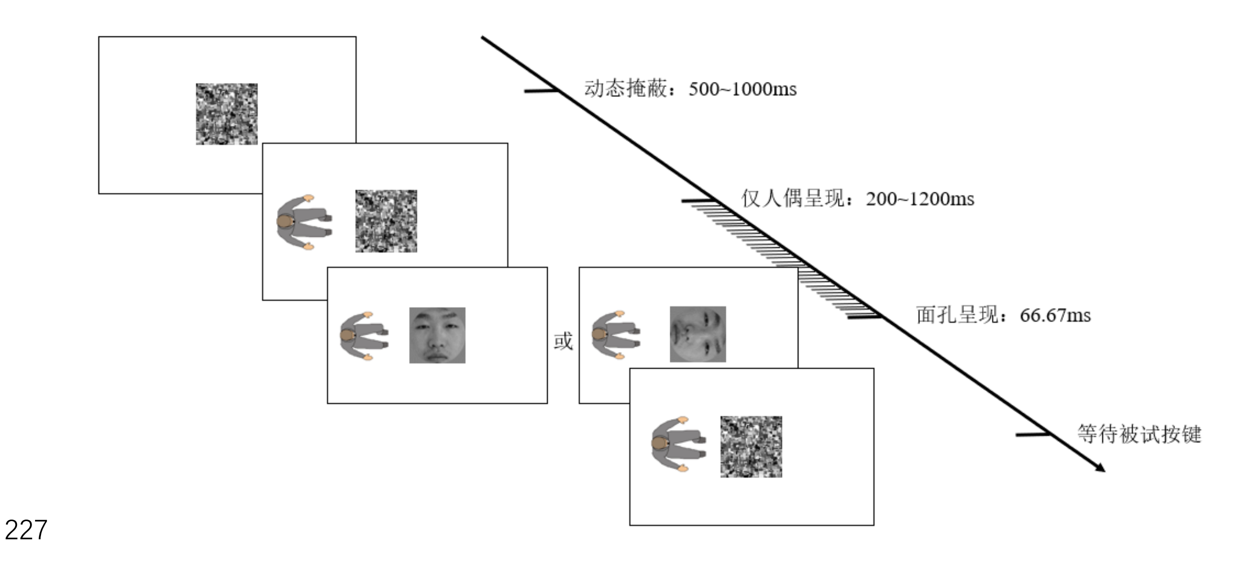
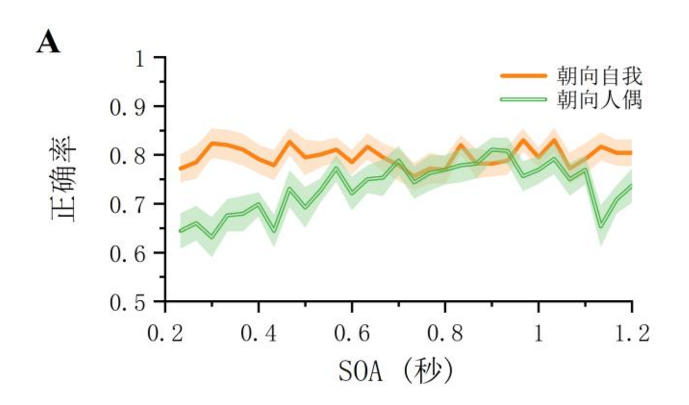


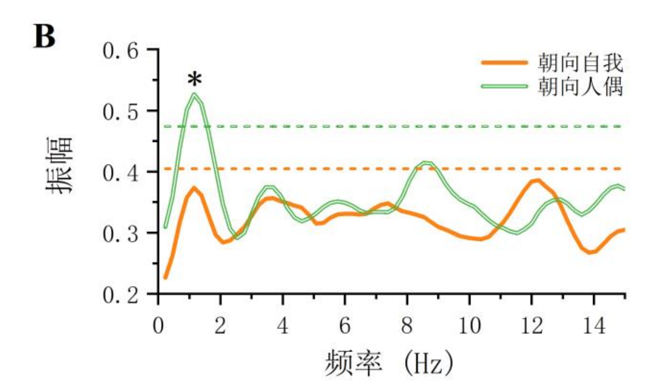
图 3 实验二的流程示意图（图中展示的是人偶在左侧时的条件，在右侧时同理）。

3.2 结果

剔除了 4 名在任意一种面孔条件下的正确率高于 95%的被试数据，这是因为这些数据有较强的天花板效应，不能有效地反映行为成绩的动态变化（剔除被试前后的傅里叶变换的统计检验结果是一致的）。最终 26 名被试的数据被保留并用作进一步的分析。与傅里叶变换相关的分析使用 matlab 2018a，其余的分析使用 SPSS20。

经过对实验结果的统计，可以画出每名被试识别朝向自我和朝向人偶面孔的正确率随时间变化的折线图，图 4A 展示的是所有被试在不同面孔朝向条件与不同人偶-面孔 SOA 条件下面孔方向辨别正确率的均值。为了将时域信息转化为频域信息，对于每一名被试得到的两条折线，经过减去均值的平移处理、汉宁窗处理以及在信号前后补零的处理(Huang et al., 2015)后进行快速傅里叶变换，将所有被试傅里叶变换后幅频响应的结果叠加平均得到图 4B。对幅频响应结果的检验使用置换检验（permutation test）的方法。具体来说，对每个被试在不同 SOA 条件下的正确率随机打乱顺序再重复上述的步骤得到一次随机的幅频响应结果，重复这样的随机计算 200 次以得到在每个频率点上样本量为 200 的振幅分布，从而在每个频率点上得到 $p < 0.05$ 的阈值。随后使用多重比较校正，选取所有频率点中最大的阈值作为所有频率点下显著性的标准。结果发现对于识别朝向人偶面孔的正确率曲线，存在一个显著的 1Hz 左右的振荡频率，对于识别朝向自我面孔的正确率曲线，虽然在 1Hz 左右也有一个峰值，但没有达到显著，置换检验的结果也标注在图 4B 中。





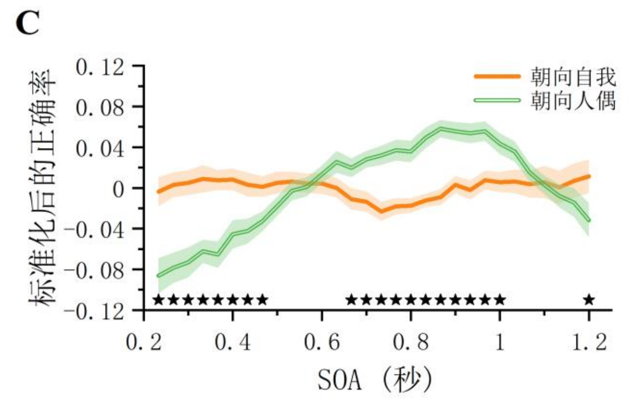


图 4 实验二的数据结果。（A）所有被试在不同面孔朝向条件与不同人偶-面孔 SOA 条件下的面孔辨别正确率的均值。误差带表示正负一个标准误；（B）幅值响应结果。黄色和绿色实线分别表示对朝向自我面孔和朝向人偶面孔的正确率曲线的幅值响应结果，对应颜色的虚线代表 $p = 0.05$ 的显著性阈值，高于虚线的部分表示在此段频率下的检验结果 $p < 0.05$；（C）平移及平滑后的曲线。误差带表示正负一个标准误，图下方星号表示在该 SOA 条件下朝向自我面孔与朝向人偶面孔的标准化后的识别正确率有显著差异，$p < 0.05$。

然而，因为人偶-面孔 SOA 的采样区间仅为 1 秒，所以 1Hz 意味着在采样区间中的数据仅包含一个周期，对这样的数据进行 1Hz 的检验不具有足够的可靠性。接下来我们希望通过两条曲线间的多重比较来获得更多可靠的信息。通过傅里叶变换，我们锁定了低频信

息为我们感兴趣的区段，因此我们对两条曲线进行了平滑处理以过滤掉高频噪音，具体平滑的方式是将每个点以及其前后各两个点的正确率取均值重新作为这个点的正确率（相当于平均了 166.65ms 内的正确率）。为了让两条曲线在不同区段上的变化趋势具有可比较性，我们将两条曲线减去各自的整体均值（相当于平移处理），使得处理后两条曲线的整体均值都为 0。经过平移和平滑后的曲线如图 4C 所示。

对每个 SOA 条件下朝向自我面孔与朝向人偶面孔的标准化后的识别正确率进行配对样本 t 检验，显著性标准为 $p < 0.05$。结果发现，在 0.2~0.5 秒的区间，对朝向自我面孔的识别正确率高于朝向人偶的，而在 0.7~1 秒的区间，效应出现反转，对朝向人偶面孔的识别正确率高于朝向自我的。显著性检验的结果标注在图 4C 中。

3.3 讨论

实验二通过引入人偶呈现到面孔呈现之间的间隔时间这一自变量获得了识别两种方向的面孔随间隔时间变化的曲线。基于此，我们发现被试在识别朝向人偶的面孔时，正确率存在一个 1Hz 的低频振荡，在识别朝向自我的面孔时也有一个较弱的相似的效应。

为了进一步探究被试识别两种面孔的成绩变化趋势的相对关系，我们希望对不同间隔时间水平下被试识别不同面孔的表现进行两两比较。然而与以往探究行为振荡的研究不同的是，本研究中识别朝向自我面孔的正确率曲线整体高于识别朝向人偶面孔的正确率曲线。这是因为在过往研究中，发生振荡的两种条件往往是完全对等的（例如左视野和右视野(Landau & Fries, 2012)，向左的启动与向右的启动(Huang et al., 2015)等），但在本研究中，发生振荡的双方是自我视角与他人视角，而自我视角下的信息加工相比于他人视角下的信息加工有明显的优势性。即使我们为了避免天花板效应而对朝向自我的面孔进行了模糊处理，削弱了朝向自我面孔的识别优势，但是仍然出现了自我视角下的加工正确率始终高于他人视角下的加工正确率的现象，这也与我们在实验一中得到的结果相一致。因此，为了排除自我视角下信息加工的天然优势性的干扰，使得两条曲线间的比较能够反映出变化趋势的相对关系，我们对两条正确率曲线进行平移，使得两条曲线的均值相同。进一步的检验结果显示，在保证两条曲线均值相同的前提下，在人偶出现（引入他人视角）后 0.2~0.5 秒内，被试对朝向自我面孔的识别表现出优势，而在 0.7~1 秒左右，被试对朝向人偶面孔的识别表现出优势，这体现出自发性视觉观点采择效应的增强。但之后这种优势又逐渐消失。对于实验二中得到的结果，可能存在两种假设：第一种假设是视觉观点采择产生的效应具有一定的时间窗，即在他人视角加入后的 0.7~1s 左右，个体会更倾向于自发地采择他人视角，而在这段时间窗之外，个体则较弱地受到他人视角的影响；第二种假设则

是视觉观点采择是一个行为振荡的过程，当他人视角加入后，个体对他人视角的采择会呈现周期性的优势性（频率约为 1Hz），从而表现出识别正确率的相对起伏。只不过，因为在实验二中 SOA 的时程范围较窄，所以只能检测到一个周期的振荡，因此目前的实验二还不足以验证哪一种假设是正确的。

4 实验三

实验三在实验二的基础上扩展了从人偶出现到面孔图片出现的 SOA 时程范围来探究在实验二中发现的现象究竟是单一的时间窗还是持续的振荡过程。如果自发性的视觉观点采择的优势时间窗是唯一的，那么在延长的 SOA 范围内将不会再出现他人视角的优势加工；而如果这是一个持续的振荡过程，在延长的 SOA 范围内将会再次出现他人视角的优势加工。

4.1 方法

4.1.1 被试

27 名大学生参与了实验三，平均年龄为 22.11 岁（$SD = 3.02$），其中 9 名为男性。所有被试的视力或矫正视力正常，没有已知的神经或视觉障碍。被试在实验前签署了知情同意书，在完成实验后获得一定的报酬。实验程序由北京大学伦理及人体和动物保护委员会批准。

4.1.2 材料与程序

实验三所使用的实验材料与实验二完全相同。在实验程序的设置上，与实验二唯一的不同是人偶-面孔 SOA 的时程由 0.2~1.2s 延长为 0.2~2.2s，同样在这段区间内取 30 个等距的时间点作为 30 个 SOA 条件，因此每两个相邻 SOA 条件间的时间差为 66.67ms。

4.2 结果

采取与实验二相同的数据剔除标准，即剔除在任意一种面孔条件下正确率高于 95% 的被试数据，共剔除 6 名被试的数据（剔除被试前后的傅里叶变换的统计检验结果是一致的）。最终 21 名被试的数据被保留并用作进一步的分析。图 5A 展示了所有被试识别两类面孔的正确率随时间变化的平均结果。

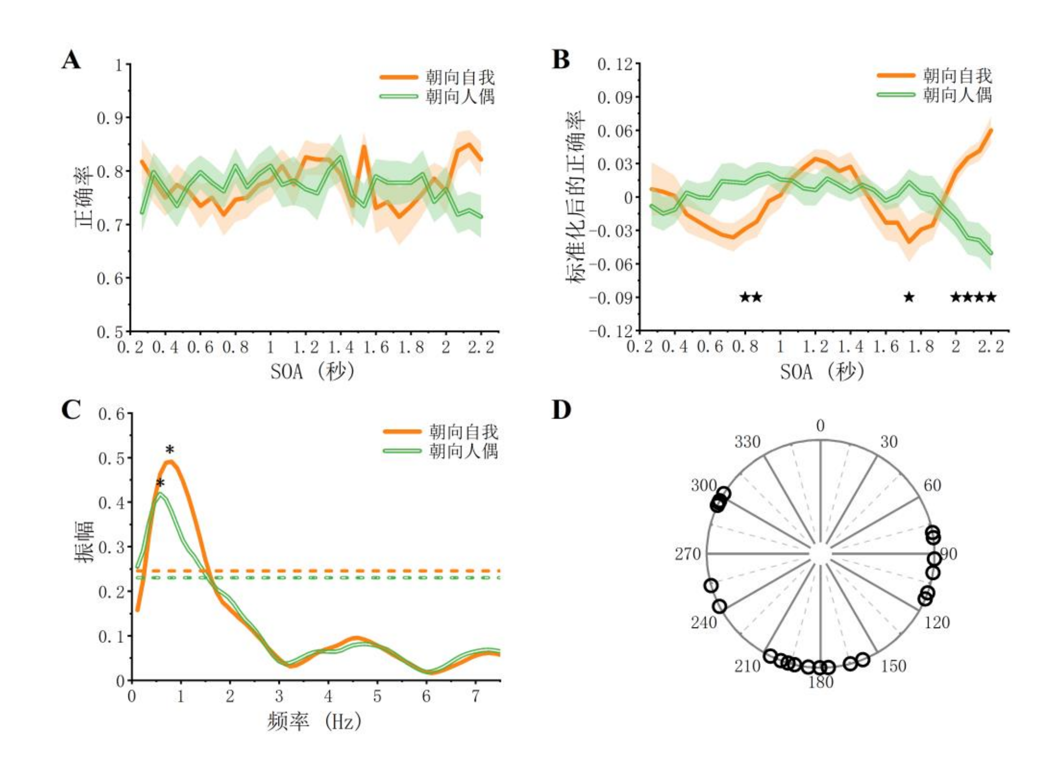


图 5 实验三的数据结果。（A）所有被试在不同面孔条件和不同 SOA 条件下的面孔识别正确率的均值。误差带表示正负一个标准误；（B）平移及平滑后的曲线。图下方星号表示在该 SOA 条件下朝向自我面孔与朝向人偶面孔的标准化后的识别正确率有显著差异，$p < 0.05$；（C）幅值响应结果。黄色和绿色实线分别表示对朝向自我面孔和朝向人偶面孔的的正确率曲线的幅值响应结果，对应颜色的虚线代表 $p = 0.05$ 的显著性阈值，高于虚线的部分表示在此段频率下的检验结果 $p < 0.05$；（D）两曲线相位差的分布情况，每个空心圆点代表一名被试两条曲线的相位差。

在实验三中我们对每名被试得到的两条曲线使用与实验二中同样的平滑方法（同样取 5 个点的平均，但在实验三中相当于 333.35ms 内正确率的平均）来削弱高频噪音的干扰。为了使得两条曲线间的比较能够反映出变化趋势的相对关系并方便随后的傅里叶变换，我们同实验二一样对曲线进行平移处理，即将两条曲线各自减去自己的整体均值（从而使得两条曲线的均值都为 0）。平滑及平移后的平均结果如图 5B 所示。对每个 SOA 条件下的两种面孔标准化后的识别正确率进行配对样本 t 检验，显著性标准为 $p < 0.05$。结果显示被试在 0.8~0.9 秒（在实验二中为 0.7~1 秒）左右存在一个朝向人偶面孔识别优势的时间窗，随后出现优势的反转，对朝向自我面孔的识别达到优势。而得益于实验三中 SOA 范围的延长，我们在之后又观察到了优势转换的第二个周期，配对 t 检验的结果标注在图 5B 中。

对每名被试的两条曲线进行快速傅里叶变换，得到的幅值响应结果的均值如图 5C 所示。对结果进行置换检验发现对朝向人偶和朝向自我面孔的识别正确率随 SOA 变化的曲线

都有一个显著的 1Hz 左右的低频振荡，这与我们在实验二中发现的结果是一致的。置换检验的结果也标注在图 5C 中。

在实验三中我们得到了更加稳健的 1Hz 左右的行为振荡结果，接下来通过比较两条曲线的相位关系来判断两种面孔识别优势的时间关系。对于每一名被试的数据使用傅里叶变换提取两条曲线在 0.5~1.5Hz 区间内的相位信息并比较两条曲线间的相位差异，得到的数据如图 5D 所示。所有被试相位差的均值为 186.96°，标准差为 73.98。使用 Rayleigh 测验检验数据的分布，结果显示相位差并不符合在圆周上的均匀分布（$p = 0.040$），而是集中在 180°附近。

4.3 讨论

实验三重复了实验二的结果，被试在被采择对象出现后首先表现出自我视角下信息加工的优势，而在随后的 0.8~0.9 秒左右效应发生反转，表现出加工优势向他人视角的转换，这一结果在实验二的基础上进一步支持了自我视角和他人视角加工优势的动态变化。

更重要的是，通过延长人偶-面孔 SOA 的时程范围，我们发现自我视角与他人视角的优势交替仍在持续，表现出多次的优势反转。实验三的结果支持了我们在完成实验二之后提出的第二种假设，即这种振荡现象是持续存在的，而不仅仅是单一的时间窗。更有趣的发现是，通过傅里叶变换，我们发现自我视角和他人视角下面孔识别的正确率曲线都存在一个 1Hz 左右的振荡频率，并且两者之间具有一个 180°左右的相位差。这意味着对他人视角下正立面孔识别正确率的提高伴随着对自我视角下正立面孔识别率的降低，而对自我视角下正立面孔识别正确率的提高则伴随着对他人视角下正立面孔识别率的降低。说明当自我视角与他人视角下的信息同时需要被加工时，个体的确会表现出一种节律性的加工切换。

5 总讨论

本研究通过高时间分辨率的行为振荡探测方法与内隐视觉观点采择实验范式的结合，探究了有他人在场的社会场景下自我视角和他人视角的动态信息加工过程。研究共包含三个实验，实验一首先验证了这一创新范式可以检测到自发性视觉观点采择，这种自发性的视觉观点采择可以促进个体对他人视角下正立面孔的加工。随后的实验二与实验三在实验一的基础上操控了新的自变量：被采择对象出现到面孔刺激出现之间的间隔时间（人偶-面孔 SOA）。结果发现对自我与他人视角下正立面孔的识别成绩呈现出动态的、周期性变化

过程，二者都表现出 1Hz 左右的行为振荡现象，并且二者的行为振荡存在 180° 左右的相位差。这些结果说明自我与他人视角下的信息加工是一种交替优势的过程。

5.1 视觉观点采择的具身性

尽管实验一只是作为验证实验范式有效性的前置实验，我们仍然得到了有趣的发现。近些年来，研究者们普遍认为视觉观点采择的实现依靠具身性的加工机制(Kessler & Thomson, 2010; Surtees et al., 2013; Gardner & Potts, 2010)：被试想像将自己的身体转移到被采择对象的位置，从而能够身临其境地获得他人视角下的视觉体验。因此，这种视觉体验与被试直接获得的视觉输入存在很多相似之处。有研究发现这种采择他人视角获得的视觉体验也能够产生视觉后效(Yuan et al., 2017)、促进方向特异性图形的识别(Ward et al., 2019)。而实验一的结果发现，采择他人视角也可以促进个体对于他人视角下正立面孔的识别，尽管这些面孔在自我视角下并不是正立的。这无疑为视觉观点采择的具身性加工提供了新的证据。基于对面孔的识别具有明显的方向特异性，只有具身地获得了他人视角下正立面孔的视觉体验，才可能体现出对面孔识别的促进效应。

5.2 自我与他人视角信息加工的行为振荡

当然，本研究中最重要的发现是在实验二和实验三。实验结果显示，对于他人视角下正立面孔的识别正确率和自我视角下正立面孔的识别正确率都随着人偶-面孔 SOA 的增加而表现出节律性的振荡现象，并且两者表现出此消彼长的关系。这意味着被试在同时存在他人视角和自我视角的人际交互情境中，对两种视角的认知资源分配是一种动态的过程。在某些时刻，认知资源被集中分配在他人视角下的信息加工上，因此他人视角下正立面孔的识别正确率得到暂时的提高，而自我视角下正立面孔的识别正确率暂时降低，而在另一些时刻，认知资源会被转移到自我视角下的信息加工，此时自我视角下正立面孔的识别正确率提高而他人视角下正立面孔的识别正确率降低。这种切换的频率在 1Hz 左右，并且被试并没有主观地意识到这种认知资源分配的切换。

为什么大脑选择这种时间上相分离的加工方式来加工自我与他人视角而不是同时处理两种视角呢？正如我们前面所说的，在社会互动中，个体需要实时地对自我和他人的视角、情绪、信念等信息做出判断并比较异同，从而使得与他人的互动过程更加顺畅和高效。然而，个体对于自我和他人这些信息的加工常常共享相同的神经表征，因此同时加工自我和他人的信息就容易造成二者的混淆。如果根据一定的节律信息来将二者的加工过程在时间上相分离就可以有效地避免这种混淆，并且通过对相位进行识别，大脑就可以有效地区分当前加工的信息是自我相关信息还是他人相关信息。从另一方面来看，大脑中神经

元的数量是有限的，通过时间上的分离，同一个神经元就有可能在处理不同信息时得到重复利用，从而能够以更经济的方式完成多种认知过程的加工。这种加工模式并不局限于自我与他人信息的加工，事实上，越来越多行为振荡现象的发现说明这可能是大脑普遍采用的一种节约神经资源的加工方式(Miller & Buschman, 2013)。

然而，本研究中发现的自我与他人视角加工的行为振荡频率为 1Hz 左右，属于 Delta 频段，但在过往发现行为振荡的研究中，行为振荡的频率主要集中在 4~8Hz 的 Theta 频段(Landau & Fries, 2012; Huang et al., 2015)，还有部分属于 8~12Hz 的 Alpha 频段(Zhang et al., 2019; Erlikhman & Caplovitz, 2017)。造成这一区别的主要原因可能在于认知过程的不同。上述这些位于 Theta 和 Alpha 频段的行为振荡主要发生在注意、启动等较为基础的认知过程中，而本研究发现的是视觉观点采择过程中存在的行为振荡，这是一种更加复杂的社会认知过程。完成这一采择过程可能需要注意、客体识别、心理表象等多种认知过程的参与和整合，因此需要更长的加工时间来完成，而更长的加工时间也就意味着更小的振荡频率。

5.3 行为振荡的神经基础

从神经振荡的角度来看，有研究表明，TPJ 的 Delta 频段的神经振荡可能与个体的社会认知功能密切相关(Donaldson et al., 2018)。结合本研究的结果，这提示我们 TPJ 的节律活动可能是产生自我与他人视角加工的行为振荡的神经基础。一方面，许多研究都发现 TPJ 在自我-他人区分中扮演着重要的角色(Bukowski, 2018; Seymour et al., 2018; Sowden & Catmur, 2015; Wang et al., 2016)，甚至认为 TPJ 是作为大脑各部分协同加工自我与他人信息时的核心脑区和信息节点(Seymour et al., 2018)。Quesque 和 Brass(2019)认为 TPJ 区分自我与他人的功能是具有一般性和普遍性的，体现在知觉、运动、心智化加工等各个层面。而对 TPJ 的损伤或干扰会使个体产生“灵魂出窍”(out-of-body experience)的体验(Blanke & Arzy, 2005)和其他自我-他人区分上的困难(Silani et al., 2013; Uddin et al., 2006)；另一方面，许多研究也发现 TPJ 参与认知加工中的切换过程，这种参与既体现在注意的重定向(Corbetta & Shulman, 2002; Serences et al., 2005; Dugué et al., 2018)，也体现在社会认知过程中自我与他人的信念、视角等的切换(Mitchell, 2008; Corbetta et al., 2008)。因此，我们推测，TPJ 可能扮演着一个具有固定节律的“转换器”的角色，在需要进行自我-他人区分的社会场景中，这一转换器的工作频率被设定在 1Hz 左右，在它的调制下，个体对自我和他人视角下的信息加工表现出节律性的转换。甚至基于 TPJ 在注意重定向中的重要作用，以及 TPJ 和其参与的腹侧注意网络在注意任务中表现出的 Theta 活动的增强(McDermott et al.,

2017; Proskovec et al., 2018)，我们还可以猜测，前人在注意过程中发现的行为振荡现象也源于 TPJ 的“转换器”功能，只是对于不同的认知加工过程，TPJ 赋予了不同的切换节律。当然，这些假设都需要更多脑成像的研究来证明。

6. 结论

本研究通过一个创新性的实验范式，发现在有他人在场的社会场景中自我视角和他人视角的信息加工存在频率约为 1Hz 的行为振荡现象。视觉观点采择作为社会认知中的一种基础心理过程，这一研究结果可以帮助我们理解个体在社会互动的过程中是如何同时处理自我信息与他人信息并能准确区分二者的。未来结合脑成像的研究，我们还可以寻找这一行为振荡现象背后的神经机制。另一方面，本研究的结果也说明，行为振荡现象不仅仅存在于注意等基础认知过程中，在较复杂的社会认知加工中也存在节律性的加工模式，这对我们理解大脑的加工方式是一个重要的补充。我们有了更多的理由相信，基于大脑固有的节律性神经活动，将同时出现的两个或多个目标或加工对象转化为时间上相分离的周期性加工可能是大脑更青睐的、也是进化所保留下来的最普遍、经济和有效的加工方式。

参考文献

Buzsáki, G. (2006). Rhythms of the brain. New York, Oxford: Oxford University Press.

Bukowski, H. (2018). The neural correlates of visual perspective taking: A critical review. *Current Behavioral Neuroscience Reports*, *5*(3): 189–197.

Blanke, O., & Arzy, S. (2005). The out-of-body experience: disturbed self-processing at the temporo-parietal junction. *The Neuroscientist*, *11*(1), 16–24.

Botvinick, M., & Cohen, J. (1998). Rubber hands 'feel' touch that eyes see. *Nature*, *391*(6669), 756–756.

Brozzoli, C., Gentile, G., Bergouignan, L., & Ehrsson, H. H. (2013). A shared representation of the space near oneself and others in the human premotor cortex. *Current Biology*, *23*(18), 1764–1768.

Báez-Mendoza, R., Mastrobattista, E. P., Wang, A. J., & Williams, Z. M. (2021). Social agent identity cells in the prefrontal cortex of interacting groups of primates. *Science*, *374*(6566), eabb4149.

Bargh, J. A., & Williams, E. L. (2006). The automaticity of social life. *Current directions in psychological science*, *15*(1), 1–4.

Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature reviews neuroscience*, *3*(3), 201–215.

Corbetta, M., Patel, G., & Shulman, G. L. (2008). The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron*, *58*(3), 306–324.

Dimberg, U. (1987). Facial reactions, autonomic activity and experienced emotion: a three component model of emotional conditioning. *Biological Psychology*, *24*(2), 105–122.

David, N., Bewernick, B., Cohen, M., Newen, A., Lux, S., Fink, G., Shah, N., & Vogeley, K. (2006). Neural representations of self versus other: visual-spatial perspective taking and agency in a virtual ball-tossing game. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *18*(6): 898–910.

Donaldson, P. H., Kirkovski, M., Rinehart, N. J., & Enticott, P. G. (2018). Autism-relevant traits interact with temporoparietal junction stimulation effects on social cognition: a high-definition transcranial direct current stimulation and electroencephalography study. *European Journal of Neuroscience*, *47*(6), 669–681.

Dugué, L., Merriam, E. P., Heeger, D. J., & Carrasco, M. (2018). Specific visual subregions of TPJ mediate reorienting of spatial attention. *Cerebral Cortex*, *28*(7), 2375–2390.

Decety, J., & Sommerville, J. A. (2003). Shared representations between self and other: a social cognitive neuroscience view. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(12), 527–533.

Erlikhman, G., & Caplovitz, G. (2017). Behavioral oscillations in shape perception. *Journal of Vision*, *17*(10), 1382.

Ereira, S., Hauser, T. U., Moran, R., Story, G. W., Dolan, R. J., & Kurth-Nelson, Z. (2020). Social training reconfigures prediction errors to shape self-other boundaries. *Nature Communications*, *11*(1), 1–14.

Farrant, B. M., Fletcher, J., & Maybery, M. T. (2006). Specific language impairment, theory of mind, and visual perspective taking: evidence for simulation theory and the developmental role of language. *Child development*, *77*(6): 1842–1853.

Fiebelkorn, I., Saalmann, Y., & Kastner, S. (2013). Rhythmic sampling within and between objects despite sustained attention at a cued location. *Current Biology*, *23*(24), 2553–2558.

Farah, M. J., Tanaka, J. W., & Drain, H. M. (1995). What causes the face inversion effect? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*(3), 628–634.

Gallese, V. (2014). Bodily selves in relation: embodied simulation as second-person perspective on intersubjectivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 369*(1644), 20130177.

Gardner, M. R., & Potts, R. (2010). Hand dominance influences the processing of observed bodies. *Brain and Cognition*, *73*(1), 35–40.

Gauthier, I., & Tarr, M. J. (1997). Becoming a “Greeble” expert: exploring mechanisms for face recognition. *Vision research*, *37*(12), 1673–1682.

Huang, Y., Chen, L., & Luo, H. (2015). Behavioral oscillation in priming: competing perceptual predictions conveyed in alternating theta-band rhythms. *Journal of Neuroscience*, *35*(6), 2830–2837.

Jackson, P. L., Rainville, P., & Decety, J. (2006). To what extent do we share the pain of others? insight from the neural bases of pain empathy. *Pain*, *125*(1), 5–9.

Klimesch, W. (1999). EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Research Reviews*, *29*(2–3), 169–195.

Kampis, D., & Southgate, V. (2020). Altercentric cognition: how others influence our cognitive processing. *Trends in Cognitive Sciences*, *24*(11), 945–959.

Kessler, K., & Thomson, L. A. (2010). The embodied nature of spatial perspective taking: embodied transformation versus sensorimotor interference. *Cognition*, *114*(1), 72–88.

Lombardo, M. V., Chakrabarti, B., Bullmore, E. T., Wheelwright, S. J., Sadek, S. A., Suckling, J., ... & Baron-Cohen, S. (2010). Shared neural circuits for mentalizing about the self and others. *Journal of cognitive neuroscience*, *22*(7), 1623–1635.

Landau, A., & Fries, P. (2012). Attention samples stimuli rhythmically. *Current Biology*, *22*(11), 1000–1004.

Mitchell, J. P. (2008). Activity in right temporo-parietal junction is not selective for theory-of-mind. *Cerebral cortex*, *18*(2), 262–271.

Miller, E. K., & Buschman, T. J. (2013). Brain rhythms for cognition and consciousness. *Neurosciences and the Human Person: New Perspectives on Human Activities*, eds A. Battro, S. Dehaene, and W. Singer (Vatican City: Pontifical Academy of Sciences).

Molenberghs, P., Cunnington, R., & Mattingley, J. B. (2012). Brain regions with mirror properties: a meta-analysis of 125 human fMRI studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *36*(1), 341–349.

Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2003). What imitation tells us about social cognition: a rapprochement between developmental psychology and cognitive neuroscience. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *358*(1431), 491–500.

Mukamel, R., Ekstrom, A. D., Kaplan, J., Iacoboni, M., & Fried, I. (2010). Single-neuron responses in humans during execution and observation of actions. *Current biology*, *20*(8), 750–756.

Mo, C., Lu, J., Wu, B., Jia, J., Luo, H., & Fang, F. (2019). Competing rhythmic neural representations of orientations during concurrent attention to multiple orientation features. *Nature Communications*, *10*(1), 1–10.

McDermott, T. J., Wiesman, A. I., Proskovec, A. L., Heinrichs-Graham, E., & Wilson, T. W. (2017). Spatiotemporal oscillatory dynamics of visual selective attention during a flanker task. *Neuroimage*, *156*, 277–285.

Michelon, P., & Zacks, J. M. (2006). Two kinds of visual perspective taking. *Perception & psychophysics*, *68*(2), 327–337.

Naish, K. R., Houston-Price, C., Bremner, A. J., & Holmes, N. P. (2014). Effects of action observation on corticospinal excitability: muscle specificity, direction, and timing of the mirror response. *Neuropsychologia*, *64*, 331–348.

Proskovec, A. L., Heinrichs-Graham, E., Wiesman, A. I., McDermott, T. J., & Wilson, T. W. (2018). Oscillatory dynamics in the dorsal and ventral attention networks during the reorienting of attention. *Human brain mapping*, *39*(5), 2177–2190.

Quesque, F., & Brass, M. (2019). The role of the temporoparietal junction in self-other distinction. *Brain*

topography, *32*(6), 943–955.

Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annual Review of Neuroscience*, *27*(1), 169–192.

Rizzolatti, G., & Fogassi, L. (2014). The mirror mechanism: recent findings and perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *369*(1644), 20130420.

Rizzolatti, G., Fadiga, L., Gallese, V., & Fogassi, L. (1996). Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Cognitive brain research*, *3*(2), 131–141.

Surtees, A. D. R., Apperly, I. A., & Samson, D. (2013). The use of embodied self-rotation for visual and spatial perspective-taking. *Frontiers in human neuroscience*, *7*, 698.

Surtees, A., Apperly, I., & Samson, D. (2016). I've got your number: spontaneous perspective-taking in an interactive task. *Cognition*, *150*, 43–52.

Seyfarth, R. M., & Cheney, D. L. (2013). Affiliation, empathy, and the origins of theory of mind. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(Supplement 2), 10349–10356.

Sowden, S., & Catmur, C. (2015). The role of the right temporoparietal junction in the control of imitation. *Cerebral Cortex*, *25*(4): 1107–1113.

Silani, G., Lamm, C., Ruff, C. C., & Singer, T. (2013). Right supramarginal gyrus is crucial to overcome emotional egocentricity bias in social judgments. *Journal of neuroscience*, *33*(39), 15466–15476.

Serences, J. T., Shomstein, S., Leber, A. B., Golay, X., Egeth, H. E., & Yantis, S. (2005). Coordination of voluntary and stimulus-driven attentional control in human cortex. *Psychological science*, *16*(2), 114–122.

Seymour, R. A., Wang, H., Rippon, G., & Kessler, K. (2018). Oscillatory networks of high-level mental alignment: A perspective-taking MEG study. *NeuroImage*, *177*, 98–107.

Tanaka, J. W., & Farah, M. J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *The Quarterly journal of experimental psychology*, *46*(2), 225–245.

Uddin, L. Q., Molnar-Szakacs, I., Zaidel, E., & Iacoboni, M. (2006). rTMS to the right inferior parietal lobule disrupts self–other discrimination. *Social cognitive and affective neuroscience*, *1*(1), 65–71.

Vogeley, K., May, M., Ritzl, A., Falkai, P., Zilles, K., & Fink, G. R. (2004). Neural correlates of first-person perspective as one constituent of human self-consciousness. *Journal of cognitive neuroscience*, *16*(5), 817–827.

Ward, L. M. (2003). Synchronous neural oscillations and cognitive processes. *Trends in Cognitive Sciences*, *7*(12), 553–559.

Wang, H., Callaghan, E., Gooding-Williams, G., McAllister, C., & Kessler, K. (2016). Rhythm makes the world go round: an MEG-TMS study on the role of right TPJ theta oscillations in embodied perspective taking. *Cortex*, *75*, 68–81.

Ward, E., Ganis, G., & Bach, P. (2019). Spontaneous vicarious perception of the content of another's visual perspective. *Current Biology*, *29*(5), 874–880.

Wicker, B., Keysers, C., Plailly, J., Royet, J. P., Gallese, V., & Rizzolatti, G. (2003). Both of us disgusted in my insula: the common neural basis of seeing and feeling disgust. *Neuron*, *40*(3), 655–664.

Wang, Y., & Luo, H. (2017). Behavioral oscillation in face priming: prediction about face identity is updated at a theta-band rhythm. *Progress in Brain Research*, *236*, 211–224.

Yuan, X., Wang, N., Geng, H., & Zhang, S. (2017). Mentalizing another's visual world–a novel exploration via motion aftereffect. *Frontiers in Psychology*, *8*, 1535

Zhao, X., Cusimano, C. J., & Malle, B. F. (2015). In Search of Triggering Conditions for Spontaneous Visual Perspective Taking. In D. C. Noelle, R. Dale, A. S. Warlaumont, J. Yoshimi, T. Matlock, C. D. Jennings, & P. P. Maglio (Eds.), Proceedings of the 37th annual meeting of the cognitive science society (pp. 2811–2816). Austin: Cognitive Science Society.

Zhang, H., Morrone, M. C., & Alais, D. (2019). Behavioural oscillations in visual orientation discrimination reveal distinct modulation rates for both sensitivity and response bias. *Scientific Reports, 9*(1), 1–11.

Dynamic Information Processing under Self and Another's Perspectives: A Behavioral Oscillation Study

SUN Chu　　GENG Haiyan
(*School of Psychological and Cognitive Sciences, Beijing Key Laboratory of Behavior and Mental Health, Peking University, Beijing 100871, China*)

Abstract

Social interactions require individuals to take the perspectives of others and recognize that the views and beliefs of others are sometimes different from their own, these usually happen implicitly, concurrently with the processing of the self-perspective. Previous studies suggested that individuals obtain the mental state of others by imagining that they are in the body of others. This embodied experience when taking others' perspective arises from the neural mechanisms of shared self and other representations. An interesting but unanswered question is, if self-processing shares neural representations with other-processing, how individuals simultaneously process the self and others' perspectives in a social interaction. A possible hypothesis is that the brain processes these two types of information alternately and periodically, and when the alternation is fast enough, the two processes can appear to be simultaneous, and formulate behavioral oscillations, similar to that found in other cognitive processes such as attention and priming. Therefore, with three experiments, the current study explored whether there is a behavioral oscillation when individuals process information from the self-perspective and another person's perspective.

This study adopted a novel face-orientation judgement task to detect spontaneous visual perspective taking (VPT) and its behavioral oscillations. In this task, A top view image of an agent was presented, followed shortly by a central face of different orientations, briefly presented also on the computer screen. Participants were asked to make a quick judgement on the orientation of the central face presented. The accuracy of the judgment was used as the indicator of the participants' performance. Experiment 1 tested whether participants recognize better the upright faces under the perspective of the agent (i.e. another person), due to spontaneous VPT. Experiment 1 used a 2(orientation of the agent)×3(orientation of the central face) within-subject design. The orientation of the agent had two levels: face to the central face and back to the central face. The orientation of the central face had three levels: an upright face under the self-perspective (US), an

upright face under another's perspective (UO), and a non-upright face under both the self- and other- perspectives (NB). Experiment 2 used two face orientations (US vs. UO) with the agent-face SOA, the elapsed time between the appearance of the agent and the face, ranging 0.2~1.2s across 30 equidistant conditions to explore whether the participants' face recognition showed behavioral oscillations over time. Experiment 3 extended the agent-face SOA (0.2~2.2s) to observe the behavioral oscillation over a longer period time.

In experiment 1, participants' judgement was the best for the US faces, followed by the UO faces, and then the NB faces, all paired comparisons were significant. More important, the interaction between the orientation of the agent and the orientation of the central face was significant. When the agent faced to the central face, participants' judgement was better for the UO faces compared to the NB faces; but when the agent was back to the central face, there was no significant difference between UO faces and NB faces. In experiment 2, the Fourier transform and permutation tests showed that the accuracy rate of UO face as a function of agent-face SOA had an oscillation frequency of about 1 Hz. Paired t-tests on normalized curves found that the judgement of US faces was better than UO faces in the SOA of 0.2~0.5s, but a revered pattern was found for the 0.7~1s interval. In experiment 3, by using the same statistical method as in experiment 2, the results showed that both the accuracy rate of US faces and UO faces had an oscillation frequency of about 1 Hz. The distribution of the phase difference between the two curves of each participant in the range of 0.5~1.5 Hz did not follow a uniform distribution, but concentrated around 180 degree, indicating that the enhanced processing in another's perspective is accompanied by the weakened processing in the self-perspective, and vice versa.

We found that individuals showed behavioral oscillations with a frequency of about 1 Hz when processing information in the self-perspective and another's perspective. These results help us understand how individuals process information about themselves and others in social interactions: individuals will focus their cognitive resources only on one perspective at a time, rather than allocating between the two perspectives at the same time. Through the rapid switching between the two perspectives, the simultaneous processing of the two can be achieved, and the possible confusion caused by the shared-representation mechanism can be effectively avoided. To our knowledge, these findings demonstrate for the first-time evidence of behavioral oscillations in social cognition, further illustrating the pervasiveness of behavioral oscillations in cognitive

processing.

Key words: implicit social cognition, visual perspective taking, self-perspective, others' perspective, behavioral oscillation